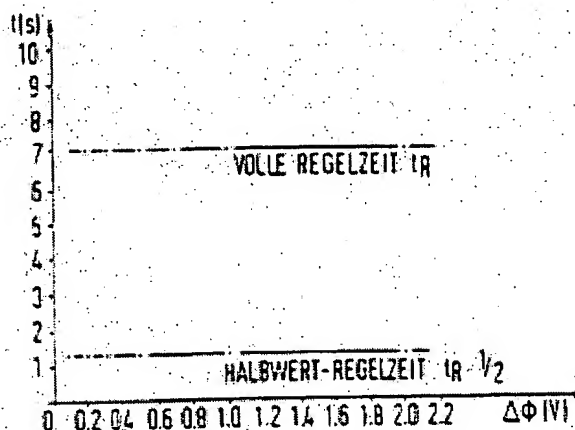


**Rapid, low-noise gas sensor of Kelvin probe type - uses probe output signal to measure difference between work functions of probe capacitor plates**

**Patent number:** DE4224218  
**Publication date:** 1993-04-01  
**Inventor:** HANRIEDER WOLFGANG DIPL PHYS (DE); MEIXNER HANS DR (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01N27/22  
- **european:** G01N27/00C  
**Application number:** DE19924224218 19920722  
**Priority number(s):** EP19910116727 19910930

**Abstract of DE4224218**

A rapid gas sensor, for determining component concns. in a gas mixt., comprises a Kelvin probe, the oscillation of which is affected by the adsorbable compsn. of the gas mixt. to be evaluated. The probe output signal, obtd. by zero adjustment by a voltage supplied from a voltage regulating circuit, is used as a measure of the difference between the work functions of the probe capacitor plates and thus as a measure of the adsorbable compsn., the probe output signal pref. being differentiated by an RC differentiator.  
**ADVANTAGE** - The sensor has a short reaction time, operates reliably and is inexpensive to mfr.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 42 24 218 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 N 27/22

②1 Aktenzeichen: P 42 24 218.5  
②2 Anmeldetag: 22. 7. 92  
④3 Offenlegungstag: 1. 4. 93

DE 42 24 218 A 1

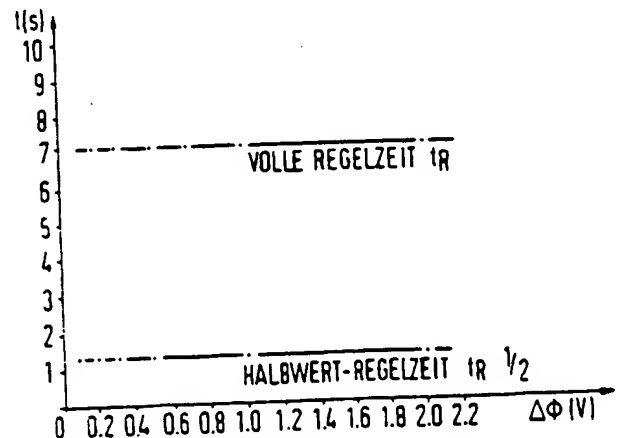
③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
30.09.91 EP 91 11 6727.8

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Hanrieder, Wolfgang, Dipl.-Phys., 8047 Karlsfeld,  
DE; Meixner, Hans, Dr., 8013 Haar, DE

⑤4 Gassensor zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch

⑤7 Ein Gassensor zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch, der eine kleine Reaktionszeit aufweist. Als Sensorelement ist eine Kelvin-Sonde vorgesehen, deren Schwingungsverhalten durch die Adsorbatzusammensetzung des zu bewertenden Gasgemisches beeinflussbar ist. Das Ausgangssignal der Kelvin-Sonde, das durch einen Nullabgleich durch eine von einem Spannungs-Regelkreis zugeführte Spannung gewonnen ist, wird als Maß für die Differenz  $\Phi$  der Austrittsarbeiten der Kondensatorplatten der Kelvin-Sonde und damit mittelbar für die Adsorbatzusammensetzung des Gasgemisches benutzt wird, wobei das Ausgangssignal der Kelvin-Sonde vorzugsweise durch ein RC-Differenzierglied differenziert wird.



E 42 24 218 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gassensor zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch, der eine kleine Reaktionszeit aufweist.

Bisher bekannte Gassensoren zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch weisen den Nachteil auf, daß sie für bestimmte Anwendungsbereiche, in denen beispielsweise zu Regelzwecken kleine Reaktionszeiten erforderlich sind, zu langsam arbeiten.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Gassensor der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine kleine Reaktionszeit aufweist, zuverlässig arbeitet und kostengünstig herzustellen ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Gassensor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen, der durch die darin angegebenen Merkmale gekennzeichnet ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Figuren im einzelnen beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit einer gemessenen Regelzeit und einer Halbwertsregelzeit von der Änderung der Austrittsarbeit  $\Delta\Phi$  der zwei Kondensatorplatten einer Kelvin-Sonde darstellt.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen der Amplitude eines differenzierten Signals und eines Regelsignals darstellt.

Die Kelvin-Sonde ist im wesentlichen ein Plattenkondensator, dessen eine Platte harmonisch gegen die andere schwingt, was bedeutet, daß sich der Plattenabstand periodisch ändert. Ihr Ausgangssignal ist ein Maß für die Differenz  $\Phi$  der Austrittsarbeiten der beiden Kondensatorplatten.

Die Differenz  $\Phi$  der Austrittsarbeiten kann durch einen Nullabgleich des Ausgangssignals der Sonde bestimmt werden. Dazu wird an den schwingenden Kondensator eine zu  $\Phi$  entgegengesetzte Spannung  $U$  angelegt, die  $\Phi$  gerade kompensiert und somit das Ausgangssignal gegen Null gehen läßt. Dieser Nullabgleich kann automatisch mittels eines geeigneten Regelkreises durchgeführt werden. Die zum Abgleich nötige Regelspannung  $U$  bildet das angestrebte Meßsignal. Es ist nach der Zeit  $t_R$  betragsmäßig gleich der Differenz der Austrittsarbeiten der Kondensatorplatten:

$$|U| = |\Phi| \text{ (nach } t_R)$$

Ändert sich  $\Phi$  z. B. durch Adsorption von Gasen an der Kondensatorplattenoberfläche, so wird innerhalb  $t_R$  die Spannung  $U$  entsprechend automatisch nachgeregelt.

Eine Änderung der umgebenden Gasatmosphäre ist also prinzipiell erfäßbar.

Wenn sich die Adsorbatzusammensetzung ändert, bewirkt dies eine Änderung von  $\Phi$  um  $\Delta\Phi$ . Die Gegenspannung  $U$  wird um  $\Delta U$  nachgeregelt, um  $\Delta\Phi$  zu kompensieren.  $\Delta U$  bildet dabei das Meßsignal. Die erforderlichen Regelzeiten dafür sind groß, nämlich typischerweise ca. 10 s.

Die genannten Eigenschaften der Kelvin-Sonde lassen sich jedoch unter bestimmten Voraussetzungen vorteilhaft zur Realisierung eines Sensors für extrem schnelle Änderungen einer Gasatmosphäre verwenden.

Ausschlaggebend für die vorliegende Erfindung ist die Erkenntnis, daß die Regelzeit  $t_R$  keine Funktion der zum Abgleich nötigen Gegenspannung  $U$  ist, vergl. Fig. 1:

$$t_R = t_R(U) \rightarrow t_R = t_R(\Delta U) \rightarrow t_R = t_R(\Delta\Phi)$$

Das bedeutet, daß unabhängig davon, wie groß die aktuelle Änderung  $\Delta\Phi$  durch beispielsweise Gasadsorption ist, der Nullabgleich und somit das Anlegen der entsprechenden Gegenspannung immer gleich lang dauert, nämlich  $t_R$ .

Bis auf das Vorzeichen gelten folgende Äquivalenzen:

$$\Delta U = \Delta\Phi \leftrightarrow \frac{\Delta U}{t_R} = \frac{\Delta\Phi}{t_R} \leftrightarrow \frac{\Delta U/a}{t_R/a} = \frac{\Delta\Phi}{t_R}$$

Daraus folgt:

$$\frac{\Delta U/a}{t_R/a} \sim \Delta\Phi,$$

und da

$$\lim_{a \rightarrow \infty} \frac{\Delta U/a}{t_R/a} = \left. \frac{dU}{dt} \right|_{t=0}$$

gilt (theoretisch) zusammengefaßt:

$$\left. \frac{dU}{dt} \right|_{t=0} \sim \Delta\Phi \quad (1)$$

Das heißt, tritt eine schnelle Änderung der Adsorbatzusammensetzung ein, die eine Änderung  $\Delta\Phi$  der Austrittsarbeit bewirkt, so ist die Anfangssteigerung  $\frac{dU}{dt}$  ( $t = 0$ ) des Kelvin-Sondensignals ein proportionales Maß für dieses  $\Delta\Phi$ .

Es ist demnach nicht erforderlich, die Regelzeit  $t_R$  abzuwarten, um Aufschluß über die Adsorbatzusammensetzung zu erhalten.

Vielmehr ist bereits nach einer Zeit  $\tau$ , die nur vom (analogen oder digitalen) Differenziervorgang abhängt,  $\Delta\Phi$  bzw. die Änderung der Adsorbatzusammensetzung bekannt.

Diese Differenzierzeit kann theoretisch beliebig kurz sein ( $\lim_{a \rightarrow \infty} t/a = 0!$ ), jedoch ergeben sich in der Praxis Beschränkungen durch das jeweilige Signal/Rausch-Verhältnis der Anordnung:

$$\left. \frac{dU}{dt} \right|_{t=\tau} \sim \Delta\Phi \quad (2)$$

Für ein analoges Differenzierglied (RC-Glied) gilt z. B.:

$$\text{Signal } S = RC \cdot \frac{dU}{dt}$$

In diesem Fall ist die Reaktionszeit  $\tau$  durch  $RC$  begrenzt:

$\tau \geq RC$

Es sind die im folgenden angegebenen allgemeinen Maßnahmen anwendbar, um kürzere Reaktionszeiten zu erzielen:

- Es kann eine Beschleunigung des Differenziervorgangs (kleineres RC) bewirkt werden. Die Meßzeit wird dadurch direkt verkürzt, jedoch nähert sich die Amplitude des Signals S dem Rauschpegel, d. h. das Signal/Rausch-Verhältnis wird kleiner. Eine Abhilfe schaffen:
- Einsatz eines schnelleren Regelkreises (eines kleineren  $t_R$ ). Dadurch wird  $\frac{dU}{dt}$ :  $t = \tau$  größer und somit auch das Meßsignal S. Diese Maßnahme ist leicht durchzuführen.
- Einsatz eines der Sonde nachgeschalteten Tiefpasses: Dadurch wird das Rauschen des Differenziergliedes (Hochpaß) wesentlich reduziert.

Die Grenzfrequenz des Tiefpasses muß mindestens so groß sein wie die Differenzierfrequenz ( $1/RC$ ). Das Signal/Rausch-Verhältnis wird vergrößert.

- Allgemeine elektromagnetische Abschirmmaßnahmen:  
Durch diese Maßnahme wird der Rauschpegel generell reduziert.

In den in Fig. 1 u. Fig. 2 gezeigten Diagrammen sind Meßergebnisse dargestellt, die unter "worst-case"-Bedingungen, d. h. ohne jede der oben genannten Verbesserungs-Maßnahmen, erzielt wurden.

Dabei zeigt sich:

- Die Regelzeit  $t_R$  und insbesondere die Halbwertsregelzeit  $t_{R1/2}$  ist über einen weiteren Bereich von  $\Delta\Phi$  unabhängig, vergl. Fig. 1.
- Der als proportional abgeleitete Zusammenhang  $G1$ . (1) bzw.  $G1$ . (2) zwischen dem differenzierten Signal und der Änderung der Austrittsarbeit wird experimentell voll bestätigt, vergl. Fig. 2.
- Die Regelzeit  $t_R$  betrug ca. 7 s, während die durch den (unverminderten) Rauschpegel begrenzte Differenzierzeit  $\tau = RC$  nur etwa 18 ms lang war.

Zusammengefaßt ergibt sich:

Selbst kleine Änderungen  $\Delta\Phi$  der Austrittsarbeit von  $\leq 0.1$  eV sind mit einer Meßrate von 50 Hz erfassbar. Die Meßrate ist um  $2\frac{1}{2}$  Größenordnungen erhöht.

Durch die genannten Maßnahmen zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses ist die Erfassung kleiner  $\Delta\Phi$  bei einer Meßrate von  $\geq 500$  Hz ermöglicht.

#### Patentansprüche

1. Gassensor zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch, der eine kleine Reaktionszeit aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensorelement eine Kelvin-Sonde vorgesehen ist, deren Schwingungsverhalten durch die Adsorbatzusammensetzung des zu bewertenden Gasgemisches beeinflussbar ist, und daß das Ausgangssignal der Kelvin-Sonde, das durch einen Nullabgleich durch eine von einem Spannungs-Regelkreis zugeführte Spannung gewonnen

ist, als Maß für die Differenz  $\Phi$  der Austrittsarbeiten der Kondensatorplatten der Kelvin-Sonde und damit mittelbar für die Adsorbatzusammensetzung des Gasgemisches benutzt wird, wobei das Ausgangssignal der Kelvin-Sonde vorzugsweise durch ein RC-Differenzierglied differenziert wird.

2. Gassensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis eine relativ kleine Zeitkonstante aufweist.
3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kelvin-Sonde ein Tiefpaß zur Verminderung des Rauschens des Differenziergliedes nachgeschaltet ist.
4. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur weiteren Verminderung des Rauschens eine hochwirksame elektromagnetische Abschirmung der Bauteile des Gassensors vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

